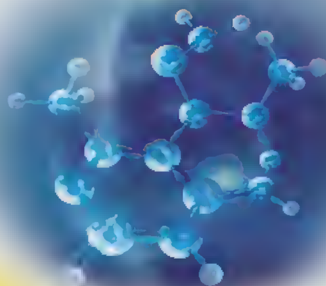
ثمرات من دوحة المعرفة

كم من جُزَيء في حبة جلبان؟



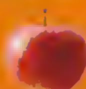
30.1.2013

فرنسوا فانوتشي



ترجمة

عبد الهادي الإدريسي


ثمرات

من دوحة المعرفة

فرنسوا فانوتشي

كم من جُزَيْء في حبة جلبان؟

ترجمة:

عبد الهادي الادريسي

مراجعة:

د. فريد الزاهي



الطبعة الأولى 1433هـ 2012م
حقوق الطبع محفوظة
© هيئة أبوظبي للسياحة والثقافة «مشروع كلمة»

QC721 .V3612 2012
Vannucci, Francois.
[Combien de particules dans un petit pois?]
كم من جُزَيء في حبة جلبان؟ / تأليف فرنسوا فانوتشـــي؛ ترجمة عبد الهادي الإدريسي؛
مراجعة فريد الزاهي- أبوظبي: هيئة أبوظبي للثقافة و التـراث، كلمة، 2012.
ص 74 : 10×16 سم.
(سلسلة ثمرات من دوحة المعرفة)
ترجمة كتاب: Combien de particules dans un petit pois?
تدمك: 978-9948-17-033-4
1 - الجزيئات. 2 - الكونيات، علم.
أ-إدريسي، عبد الهادي. ب-زاهي، فريد.

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الفرنسي:
Francois Vannucci
Combien de particules dans un petit pois ?
Copyright © Le Pommier, 2003



www.kalima.ae

ص.ب. 2380 أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة، هاتف: 451 6515 2 971+ فاكس: 127 6433 2 971+



إن هيئة أبوظبي للسياحة والثقافة «مشروع كلمة» غير مسؤولة عن آراء المؤلف وأفكاره، وتعبر وجهات النظر الواردة في هذا الكتاب عن آراء المؤلف وليس بالضرورة عن الهيئة.

حقوق الترجمة العربية محفوظة لـ «مشروع كلمة»

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأي وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروءة أو أي وسيلة نشر أخرى بما فيه حفظ المعلومات واسترجاعها من دون إذن خطي من الناشر.

كم من جُزَيْء في حبة جلبان؟

المحتويات

مجازُ مفتاح العلب المعدنية

تحفل قضيةُ المعرفة بالعديد من التَّمَثُّلات التصويرية التي تشكِّل علامات في تاريخ الفلسفة، نذكر منها صورة الكهف عند أفلاطون، التي تحيل إلى أننا لا نرى العالم إلا من خلال فتحة كهف مظلم، مما يعني أن ما نراه منه جزئي وناقص إلى أبعد حدّ، وصورة المرآة عند القديس بولس، التي تعلمنا أننا لا نكاد نرى من الظواهر سوى صورتها المنعكسة في واقعنا. أما إذا نظرنا في علم الفيزياء فسنجد صورة تمثيلية لعلها مبتذلة بعض الابتذال لكنها ليست أقل دقة في التعبير عن الواقع؛ ذلك أن المعرفة عند علماء الفيزياء الجزيْئية تتمثل في استكشاف الطبيعة والاطلاع على الخفي من أسرارها، وهو ما يتأتّى بالتوغل في مكنونات المادة إلى أبعد حدّ. ولو أردنا أن نمثِّل لهذه المقاربة بصورة نستعيرها من الواقع

فسنجد بُغيتنا في مفتاح العلب المعدنية التي تُعبَّأ فيها الأغذية المصبرة، ذلك أن أول ما يفعله عالم الفيزياء حين يجد نفسه أمام مشكلة معقدة هو أن يتساءل: «ترى ما وراء هذا؟»

حين تفتح علبةً من حبوب الجلبان المصبرة فإنك لن تجد صعوبة كبيرة في عَدِّ «المكونات الأولية» التي تملأها، رغم أن ذلك ليس بطبيعة الحال أمراً ممتعاً. وقد قمت شخصياً بهذا العمل فوجدت أن العدد يناهز 3150 من الحبات ذات اللون المائل إلى الاخضرار والشكل الكروي، بقطر يناهز خمسة مليمترات. بقي أن أضيف أن حبات الجلبان في العلبة التي فتحتُها من صنف الحَبِّ الدقيق بالغ الدقة، مما جعل العد أكثر صعوبة. واللافتة التي تحملها العلبة تشير إلى أن الوزن الصافي دون ماء هو 560 غراماً، مما يعني أن كل حبة تزن حوالي 0,2 غرام.

عرفنا الآن ما في جوف العلبة، فماذا يا ترى في جوف كل حبة من هذه الحبات؟ للإجابة عن هذا السؤال سأختار منها حبة أستخرجها من بين أخواتها لأحاول تفتيتها إلى مكوناتها الأولى كما فعلت بالعلبة قبلها. ولكي تكون لحَبَّتنا هذه، التي سترافقنا طيلة بحثنا، شخصيتُها الفريدة التي تميزها عن غيرها من حبات الجلبان، سنطلق عليها اسماً نعرفها به، وليكن هذا الاسم «ليلى» على سبيل المثال، وبه سوف أدعوها في بقية حديثنا.

يمكنني في مرحلة أولى أن أقطع ليلى قطعاً صغيرة جداً مستعيناً في ذلك بسكين جيدة الشحْذ، ثم أقطع تلك القطع بدورها إلى قطع أصغر فأصغر، حتى ينتهي بي الأمر إلى حبات صغيرة في منتهى ما تستطيع العين المجرَّدة تمييزه. بعد ذلك يمكنني أن ألجأ إلى المجهر وإلى مِبضَع جَرَّاح فأقطع تلك القطع بدورها إلى قطع أصغر منها. بيد أن ذلك لن يفضي

بي إلى شيء، ولن أطمح إلى رؤية أي بنية مختلفة عن بنية المادة الخضراء التي رأيتها في البدء، والسبب هو أن الأدوات التي استعملتها حتى الآن ليست ملائمة للاستكشاف الدقيق.

يجمُل بنا أن نفتح ها هنا قوساً لنوضِّح أمراً. فالغرض من مسعاي هو الاطلاع على ما في قلب «ليلى» ورؤيته، لكن ما الرؤية؟ أنا أرى شيئاً غير مجهريٍّ – أي شيئاً كبيراً مما تراه العين المجردة – حين تقع أشعة الضوء على ذلك الشيء ثم تنعكس عليه لتبلغ عيني. ومعنى ذلك أن النور هو بمثابة رسول يحمل معلومة تنتقل ما بين الشيء المرئي والعين التي تراه. ونحن نعلم أن الضوء الأبيض يشتمل على كل ألوان الطيف من الأزرق إلى الأحمر. وهو يتكون من جُزَيئات بالغة الدقة تدعى «**الفوتونات**»، لكل منها لون خاص به. ونشير هنا إلى أن اللغة العلمية لا تسمي تلك الألوان بمسمَّياتها المعهودة بل تقول

إن لكل فوتون «طول موْجة» خاصاً به، ذلك أن علماء الفيزياء يتمثلون الضوء على شكل موجات متلاحقة، كمثل تلك التي نراها على صفحة ماء هادئة أو على طول حبل مشدود يهتز. والموجات المرتبطة بالفوتونات ذات أطوال صغيرة، إذ يتراوح طول الموجة بين 400 نانومتر للضوء «الأزرق» (النانومتر جزء من مليار جزء من المتر، أو جزء من مليون جزء من المليمتر) و700 نانومتر للضوء «الأحمر». والشيء الذي يبدو لنا أزرق على سبيل المثال إنما نراه كذلك لأنه يعكس الأشعة الزرقاء وحدها فيما يمتص بقية أشعة الطيف. لكن لماذا يا تُرى يعكس الأشعة الزرقاء بالذات ويمتص ما عداها من أشعة؟ إنه يفعل ذلك لأن سطحه تكسوه طبقة من مادة معينة، هي الصباغة مثلاً، تتميز باحتوائها على ملوِّن يتكون من جُزَيْئات تشرع في الاهتزاز متى سقطت عليها الفوتونات التي تحمل اللون الأزرق،

وذلك لأن قطر الجُزَيئات المذكورة ذو أبعاد متناسبة مع طول موجة اللون الأزرق. ويمكن التمثيل لذلك بالمفتاح والقفْل: فالمفتاح يفتح القفل لأن أبعادهما متناسبة، وإلا فلن يفتحه. ومفتاح العلب الذي يمثله الضوء يتيح لنا بذلك أن ندخل عالم الأبعاد الصغيرة من صنف الجزء من المليون من المتر، نظراً إلى أن أطوال الموجات المرتبطة بـ«الفوتونات» هي من ذلك المقدار (فطول موجة اللون الأحمر يبلغ 700 نانومتراً، وهو ما يقارب الجزء من المليون من المتر). والعين المجردة تبصر الشعرة التي يبلغ قطرها حوالي عشرين نانومتراً، فإذا استعانت بالمجهر استطاعت أن ترى أشياء من حجم النانومتر ذاته.

في «**الميكانيكا الكمية**»، وهي فرع من الفيزياء يهتم بالمسارات المجهرية، يرتبط طول موجة معينة بكمية من الطاقة محددة، بحيث كلما كان طول الموجة قصيراً كانت الطاقة المرتبطة بها مرتفعة.

هكذا تبلغ طاقة موجة اللون الأزرق، وهي أقصر الموجات جميعاً، حوالي 3 إليكترون/فولت، فيما تبلغ طاقة موجة اللون الأحمر، أطولها جميعاً، ما مقداره 1,7 إليكترون/فولت. و(**الإليكترون/ فولت**) هي وحدة الطاقة المستعملة في مجال الأشياء المجهرية. أما الوحدة المستعملة لقياس طاقة الأشياء العادية فهي الجول كما نعلم، والعلاقة الرياضية بين هذا وذاك تُكتب كما يلي:

1 eV 1.6 = x (19-) 10 J

وبلغة أوضح، فإن الجول الواحد يساوي ما يقرب من عشرة مليارات من مليارات الإليكترون/ فولت، مما يعني أن الإليكترون/فولت صغير جداً. لهذا سنستعمل أضعافه المعروفة، وهي الكيلو إليكترون/فولت أي ألف ضعف منه، والميغا إليكترون/فولت، أي مليون ضعف، والجيغا إليكترون/فولت، أي مليار ضعف.

الضوء عبارة عن دفق من «الفوتونات» المرئية. وبوجه أعم، يُطلق اسم **الإشعاع** على كل دفق من الجُزَيئات ذات الطبيعة المتغيرة. والقاعدة الكبرى التي رسمنا معالمها الآن تفيد بأن إشعاعاً معيناً يكون ملائماً لاستكشاف بنيةٍ مادية معينة متى كانت أبعاد المادة المعنية قريبة من طول موجة الإشعاع. وقد رأينا كيف أن الضوء يتيح بلوغ الميكرومتر، أي الجزء الواحد من مليون جزء من المتر، بفضل طاقات من بضع وحدات من الإليكترون/فولت. ولما كانت الطاقات وأطوال الموجات متناسبة تناسباً عكسياً، حيث تزيد هذه متى نقصت تلك وتنقص متى زادت، فإن الطاقات العالية تتيح استكشاف الأبعاد الصغرى.

هذا يعني أن النزول في سُلَّم الأبعاد الصغرى يستدعي استعمال رُسُلٍ تحمل كميات من الطاقة أكبر مما تحمله فوتونات الضوء المرئي. هكذا فإن أشعة

X أو أشعة «سين» على سبيل المثال، وهي فوتونات تحمل طاقة من بضعة آلاف من الإليكترون/فولت، أي أكبر بألف مرة من طاقات فوتونات الضوء المرئي، تتيح استطلاع أبعادٍ من حوالي الجزء الواحد من عشرة بلايين جزء من المتر. هنا نبلغ مقاييس تتيح لنا اكتشاف **الجُزَيئات والذرات**، علماً بأن الأولى هي مجموعات تتكون من عدد من الثانية يزيد أو ينقص. فإذا أردنا الذهاب إلى أبعد من ذلك تَعَيَّنَ أن نزيد من طاقة مفتاح العلب، وهذا ما يشرح سعي العلماء الدائب للحصول على طاقات أعلى فأعلى، وذاك هو الهدف من إقامة المسرِّعات، تلك الآلات الضخمة التي يراد من وراء إقامتها الحصولُ على أشعة أكثر فأكثر قوة. وقد بلغت **«المسرعات»** الأولى التي أقيمت في الخمسينيات من القرن الماضي مستويات من الطاقة ناهزت مائة مليون إليكترون/ فولت، مما أتاح للعلماء أن يستكشفوا أبعاداً من

حوالي جزء من ألف مليار جزء من المتر. أما اليوم فإن الطاقات العليا الممكن الحصول عليها في الظروف المخبرية تبلغ المئات من مليارات الإليكترون/فولت، فتتيح استكشاف أبعاد من حوالي الجزء الواحد من مليار مليار جزء من المتر، وهو الحد الأقصى الذي بلغه الإنسان حتى اليوم في مجال استكشاف الأشياء متناهية الصغر.

مستبطِنٌ قدير

لقد تمكنا، بفضل الزيادة المطردة في طاقة المِجَسات المستعملة في استكشاف المادة، من التوصل إلى معرفة بنيتها الداخلية معرفة عميقة. وليلى إذ تُعمِل مبدأ «اعرف نفسك بنفسك» الفلسفي، تكتشف أنها تتكون من مادة عضوية قوامها جُزَيئات تتركب أساساً من ذرات من الكربون والهيدروجين، وهو مستوى الجزء من عشرة مليارات جزء من المتر، التي تتيح أشعة «سين» الحصول على صورة منه. ونحن على هذا المستوى نجد أن عدد الذرات في حبة الجلبان يناهز عشرة آلاف مليار مليار من الذرات، وهو رقم لا شك كبير، لكن لا ينبغي لنا، حين ندرس الأشياء غير متناهية الصغر، أن نخشى التعامل مع الأرقام التي تبدو للفهم البشري كبيرة مفرطة في الكبر.

ولنلاحظ هنا أن لفظة atome، أي الذرة في اللغات اللاتينية، مشتقة من لفظة atomos اليونانية التي تعني «الشيء غير القابل للقسمة»، وقد تبنى العلماء تلك اللفظة في القرن التاسع عشر، غير أننا نعلم اليوم أن الذرة أبعد ما تكون عن الوحدة غير القابلة للقسمة. لقد باحت الذرة بمكنونها وأفصحت لنا عن بنيتها، وهي بنيةً ما أبعدها عن البساطة.

ما الذي يثوي إذن في جوف الذرة يا ترى؟ لا بد لنا لمعرفة ذلك من أن نضع «ليلى» على طاولة الفحص. عندها يتضح لنا أول ما يتضح أن «ليلى» محايدةٌ كهْربياً، بمعنى أنها لا تحمل أي شحنة من الكهرباء، هذا علماً بأننا نعرف كيف نستخرج منها **إليكترونات**، إذ يكفي لذلك أن نعرضها لتأثير مجال كهربي قوي، وتلك هي الظاهرة ذاتُها التي نستعملها في الأنابيب الإليكترونية في أجهزة

التلفزيون، حيث ينتزع التيار دَفْقاً من الإليكترونات من سلك ساخن ليلقي بها على صفحة الشاشة.

والإليكترونات هي الحُبيبات الأولية حاملة الكهرباء، والإليكترون يحمل شحنة كهربية تُعَدُّ أصغر شحنة معروفة، وهي سالبة ومقدارها 1,6 جزء من عشرة أجزاء من مليار جزء من المليار من الكولومب، الوحدة المعيارية في قياس الشحنات الكهربية. ولما كانت «ليلى» محايدة كهربياً وهي تحتوي على شحنات سالبة، فمعنى ذلك أنها تحتوي أيضاً على شحنات موجبة مكافئة للشحنات السالبة ومعادلة لها. هذه الشحنات الموجبة يحملها نوع آخر من الجُزَيئات يعرف باسم «**البروتون**»، يحمل كل منها شحنة موجبة معادلة تماماً لشحنة الإليكترون السالبة. هكذا نجد أن ذرة الكربون مثلاً تحتوي على ستة إليكترونات وستة بروتونات. لكن كيف يا ترى تتخذ كل واحدة من هذه الشحنات

موقعها بالنسبة إلى صاحبتها؟ من أجل معرفة ذلك لا بد من إخضاع «ليلى» لعملية فحص بالراديو، وهي العملية التي ستتطلب منا استعمال أشعة ذات طاقة أكبر من طاقة أشعة سين، كي تذهب بنا إلى أبعد مما ذهبت هذه الأخيرة التي لا ترى في الذرة سوى نقطة غير قابلة للتقسيم. لذلك فكر روثرفورد Rutherford الإنجليزي، في أوائل القرن العشرين، في استعمال أشعة طبيعية صادرة عن إشعاع ذري سيأتي الحديث عنه، تبلغ طاقتها حوالي المليون إليكترون/فولت، مما أتاح له أن يستكشف عالَما أصغر بألف مرة مما سبق. وكان من نتيجة ذلك أن اتضح للعلماء أن المادة ليست نوعاً من حلوى السكر واللوز، تتناثر فيها القطع المختلفة على غير انتظام، بل إن لها بنية منظمة تنظيماً دقيقاً، تشبه إلى حدّ بعيد نموذج المنظومات الكوكبية، حيث تدور الإليكترونات حول النواة كما تدور الكواكب

حول الشمس. ولما كانت أبعاد الذرة تناهز الجزء الواحد من عشرة مليارات جزء من المتر وكانت أبعاد النواة لا تتجاوز الجزء الواحد من مليون مليار جزء من المتر، أمكن القول إن الفارق ما بين حجم الذرة وحجم النواة هو كالفارق ما بين برج إيفل الباريسي وحبة الجلبان التي بين أيدينا!

كل الشحنات الموجبة، أي البروتونات، مجتمعةٌ إذن في نواة صغيرة في منتهى الصغر قياساً إلى حجم الذرة. وهذا يطرح مشكلةً على مستوى الاستقرار، أي استقرار النواة؛ لأن البروتونات تحمل كلها شحنات موجبة، ومعلوم أن الشحنات المتشابهة تتدافع فيما بينها وأن التدافع يكون أشد وأقوى كلما كانت أقرب إلى بعضها. ومعنى ذلك أن النواة لو لم تكن فيها سوى قوة التدافع الكهربي لانفجرت وما بقيت مكوناتها مجتمعة لحظة واحدة. لذلك انبغى أن تكون هناك قوة أخرى غير القوة الكهربية تضم

البروتونات إلى بعضها رغم التنافر الكهربي. هذه القوة هي ما يعرف باسم «**القوة القوية**». بيد أنها ما كان لها أن تكفي وحدها لضمان استقرار النواة لولا وجود مكونات أخرى في داخل هذه، هي ما يعرف باسم «**النيوترونات**». وكما يدل على ذلك معنى اسم هذه الأخيرة في اللغات اللاتينية فإنها محايدة كهْربياً لا تحمل أي شحنة، غير أنها تساهم في حفظ استقرار النواة لأنها هي أيضاً تستجيب للقوة القوية. والنيوترونات تشبه البروتونات في كل شيء سوى في كونها كما قلنا محايدة، لذلك يطلقون على هذه وتلك اسماً جامعاً هو «**النوكليون**»، أو النويَّة إن شئنا، تصغيراً للنواة، في إشارة إلى أنها هي معاً مكونات هذه الأخيرة. والنواة في العادة تحمل عدداً من البروتونات مساوياً لعدد ما تحمله من نيوترونات؛ ونواة الكربون، التي قلنا إنها تُكوِّن القِسمَ الأعظم من جسم «ليلى»، تحمل

ستة بروتونات ومثلها من النيوترونات. أما نواة الأجسام الثقيلة ففيها عددٌ كبير من البروتونات، ومن ذلك مثلاً نواة اليورنيوم التي تحمل منها اثنين وتسعين، وهو عدد ضخم لا يكفي معه عددٌ مساوٍ من النيوترونات لضمان الاستقرار، بل ينبغي أن تكون هذه أكثر من تلك، وهي في نواة اليورنيوم التي ذكرنا تبلغ 146 نيوتروناً.

أما كتلة الإليكترون، فهي تسعة أعشار الجزء الواحد من عشرة آلاف مليار مليار مليار جزء من الكيلوغرام (تسعة مقسومة على واحد وخلفه واحد وثلاثون صفراً)، وأما كتلة البروتون والنيوترون فتزيد عليها بألفي ضعف، بمعنى أن كتلة الذرة تكاد تتركز كلها في النواة.

والآن وقد بلغنا من معرفتنا بمكونات النواة هذا المبلغ، فبإمكاننا أن نتابع استكشافنا للعالم متناهي الصغر.

ما الذي يوجد في جوف الإليكترون؟ إلى حد اليوم لم تفلح أعلى مستويات الطاقة، التي أمكن التوصل إلى توليدها في أحدث المسرّعات، في جعل الإليكترون يتصرف بطريقة مختلفة عن تَصَرُّفِ النقطة الواحدة غير القابلة للقسمة. لم نفلح بعد في «فتحه»، وهو حتى اليوم لم يفصح لنا عن أي بنية داخلية، علماً بأننا استطعنا الذهاب إلى حد رؤية الجزء الواحد من مليار مليار جزء من المتر، وهو أبعد ما وصل إليه العلم حتى اليوم في استكشاف العالم متناهي الصغر.

ماذا عن البروتون والنيوترون؟ الأمر مغاير ها هنا، إذ تتواصل لعبة الدمى الروسية (التي تُستخرج إحداها من جوف الأخرى وتستخرج من الصغرى ثالثة أصغر منها وهكذا دواليك). وقد استطعنا حتى اليوم أن نميِّز من بين مكوناتها ثلاثةً أطلقوا عليها اسم الكوارك quarks، وعددها في كل من

النيوترون والبروتون ثلاثة، وهي في هذا المستوى على نوعين، الكوارك الصاعد، ويرمز إليه بحرف u من up الإنجليزية، والكوارك النازل، ويرمز إليه بحرف d من down الإنجليزية كذلك. ومن أجل انسجام البناء وتماسكه يجب أن تكون للكوارك شحنة كهربية تمثل كسْراً من الشحنة التي جرى الحديث عنها آنفاً، أي الشحنة السالبة التي يحملها الإليكترون والشحنة الموجبة التي يحملها البروتون. والكسور المذكورة تمثل أعداداً غير كاملة، مقدارها +3/2 للكوارك الصاعد u، و−3/1 للكوارك النازل d. بيْد أن هذه الشحنات إنما تم تقديرها رياضياً ولم يمكن حتى اليوم التأكد منها تجريبياً، إذ يبدو أن الكوارك ليست أشياء مادية ملموسة. وتفسيرُ هذا تجده في نظريةٍ مفادُها أن وحدات الكوارك مرتبط بعضها ببعض بروابط بالغة القوة، وأنه للتفريق بينها يلزم صرف مقادير هائلة من الطاقة لا تستطيع

التكنولوجيا اليوم توفيرها.

ورجوعاً إلى مكونات البروتون والنيوترون نقول إن البروتون يتكون من وحدتين من الكوارك u ووحدة واحدة من الكوارك d، أي أن تركيبته هي (d u u)، مما يفضي بمجموع شحناته بالفعل إلى وحدة واحدة (+3/2 +3/2 −3/1= +1). أما النيوترون فهو ذو تركيبة (d d u) تستجيب بدورها لشحنته المحايدة (+3/2−3/1−3/1= 0).

والكوارك ليست لها بنية، بل هي وحدات أولية لا تنقسم، مثلها في ذلك مثل الإليكترونات، هذا على الأقل ما تتيحه لنا قدرة الاستكشاف المتوافرة لنا اليوم، والبالغة كما أسلفنا جزءاً من مليار مليار جزء من المتر. ورغم استحالة التعامل مع الكوارك تجريبياً بصفتها كائنات قائمة الذات، إلا أنها ليست بدعة من خيال العلماء ابتدعوها ليُتِمُّوا بها تصورهم عن بناء الجُزَيئات الداخلي، بل هي موجودة

بالفعل، وأَثَرُ وجودِها يظهر في المسرِّعات الحديثة وإن بطريقة غير مباشرة، على شكل ما يعرف باسم الزّخات، وهي تسمية أطلِقت عليها لأنها تجيء في شكل حُزم من المكونات تُطلَق مجتمعةً على دفعات.

بهذا نعلم أن الأشياء الأولية التي تتكون منها المادة ليست دائماً مكوناتٍ جزيْئيةً لها في المختبر كيانٌ قائم بذاته. لذلك سنطلق في الصفحات التالية من كتابنا هذا اسم «المكونات الجزيْئية» على البروتونات والنيوترونات والإليكترونات، أي المكونات التي يمكن التحقق من وجودها في المختبر، فيما سنطلق تسمية «المكونات الأولية» على الكوارك، ولكن كذلك على الإليكترون (نظراً إلى أن هذا الأخير يلعب على الحبلين معاً)، لأنهما يشتركان في كونهما لم يكشفا لنا حتى اليوم عن أي بنية داخلية.

«ليلى» جسم مشع

عند مبلغنا هذا من رحلة التنقيب عن المكونات الأولية التي في الذرة، نكون قد أمسكنا حتى الآن بالكوارك u ونظيره الكوارك d والإليكترون. ولكي نضيف إلى لائحة طرائدنا هذه طريدة أخرى سندعوها النيوترينو neutrino، سيتعيّن علينا أن نتحدث بدءاً عن ظاهرة **الإشعاع النووي الطبيعي** التي اكتشفها بيكرل Becquerel في 1876 في باريس.

أن يكون الجسم مشعاً لا يعني أنه مصاب بمرض يخجل المرء من البوح به، بل إن هذا قَدَرُ كلِّ الكائنات المادية المتركبة من ذرات. والإشعاع ظاهرةٌ تُميِّز كثيراً من الأجسام ذات الطبيعة غير المستقرة، أي التي لا تبقى على حالها على مر الزمن بل تختفي رويداً لتحل محلها تشكيلات جديدة

من المكونات. والعناصر الطبيعية المستقرة، أي تلك التي نعرفها جميعاً في حياتنا اليومية، هي إذن عناصر «خالدة»، لكن ذلك لا يمنع أنها، بفعل العدد الهائل من الذرات التي تكونها، لا بد محتويةٌ على نسبةٍ مهما ضَؤُلَتْ من عناصر غير مستقرة لها أمدُ حياةٍ يطول أو يقصر.

ولنضربْ في ذلك مثلاً بالكرْبون، الذي رأينا أنه المكون الرئيس في جسم «ليلى». الكربون العادي والأكثر وفرة هو كما قلنا الكربون الذي تحتوي نواته على ستة بروتونات ومثلها من النيوترونات، بيد أننا نجد في الطبيعة شبيهاً له يحتوي على ستة بروتونات وثمانية نيوترونات. لكن بما أن الطبيعة الكيميائية التي لكل عنصر طبيعي متعلقة بعدد الإليكترونات في ذرته، أي بعدد البروتونات، فإن كل العناصر التي تحتوي نواتها على ستة بروتونات تدعى كربوناً، بغض النظر عن عدد النيوترونات

فيها. أما الاختلاف في عدد النيوترونات فإنه يفضي إلى ما ندعوه **نظائر**، واللفظة المستعملة لهذا الغرض في اللغات اللاتينية تتكون في الأصل من لفظتين يونانيتين هما isos وtopos، والمعنى هو «الوضعية نفسها» (والمقصودُ الوضعية التي يتخذها العنصر المعني في لائحة منديليف للعناصر الطبيعية).

ولتحديد الفارق ما بين النظيرين يضيفون إلى اسم كل منهما عدد مكونات نواته من البروتونات والنيوترونات معاً، فيقال «كربون 12» للإشارة إلى الكربون العادي، و«كربون 14» للإشارة إلى نظيره ذي النيوترونات الثمانية. وهذا الأخير موجود في الهواء الذي نتنفسه، لكن بكميات ضئيلة جداً، إذ تساوي نسبته إلى نسبة الكربون العادي واحداً إلى ألف مليار، لكنه بحكم طبيعته الكيميائية المشابهة لطبيعة نظيره يتم امتصاصه تماماً كهذا، تمتصه النباتات وكل حي يتنفس على وجه الأرض. ورغم

أن هذا الكربون لا يوجد في الأجسام عادة إلا على شكل آثار ضئيلة، فإن جسماً كجسم «ليلى» يحتوي كما أسلفنا على عشرة آلاف مليار مليار من الذرات، مما يعني أن عدد ذرات الكربون 14 لن يقلَّ، اعتباراً للنسبة التي ذكرناها، عن عشرة مليارات من الذرات في جسم «ليلى» الصغير. و«بفضل» هذه الذرات تستشعر حبة الجلبان الصغيرة نبضاً في داخلها بوتيرة بضع نبضات في الدقيقة.

إن الكربون 14، بحكم احتوائه على نيوترونين زائدين، ليس مستقراً، مما يجعله يحرِّر تلقائياً مكونات جديدة، ومعنى ذلك أن ليلى تطلق باستمرار إليكترونات تتعدى طاقتها حدود مائة كيلو إليكترون/فولت، وهي طاقة لا يستهان بها. والإليكترونات المعنية لا تأتي من تلك التي تدور حول النواة، والتي تتميز بطاقة ضعيفة، بل تأتي من قلب النواة ذاتها. وفي المسير الذي نحن بصدده،

ينفلق النيوترون ذو الشحنة المحايدة فيفضي إلى بروتون ذي شحنة موجبة وإليكترون ذي شحنة سالبة. ومعنى ذلك أننا نحصل في النهاية على نواة مؤلفة من سبعة بروتونات وسبعة نيوترونات، مما يعني أن هناك **تحولاً نووياً** قد حصل، فلم يعد لدينا كربون بل نيتروجين، وتفتُّتاً للنواة يُكتب مبدئياً كما يلي:



$C14 \rightarrow N14 + e^-$

يتفتت الكربون 14 حسب زمن حياة قيس في المختبر، فكان مقداره 5730 عاماً، مما يعني أن الكمية الموجودة في البدء تنخفض إلى النصف بعد مرور هذه المدة. ولما كان جسم «ليلى» يشتمل كما قلنا على حوالي عشرة مليارات من ذرات الكربون 14، فإن جسمها الصغير يشهد حوالي أربع عمليات تفتت في الدقيقة. أما الكائن البشري، وهو أضخم من «ليلى» بما لا يقاس، فإنه يشهد آلافاً من عمليات

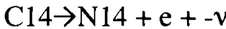
التفتت في كل ثانية من حياته.

ولنلاحظْ بهذا الصدد أن الكائن الحي حين يموت يتوقَّف عن التنفس فتتوقف من أثر ذلك عملية امتصاصه لكربون الهواء بصنفيه كربون 12 وكربون 14، وانطلاقاً من تلك اللحظة تشرع نسبة الكربون 14 غير المستقر في التناقص دون أن تتجدَّد من أثر التنفس، فتنخفض بمرور الزمن قياساً إلى نسبة الكربون 14 الثابتة. هذه الملاحظة هي التي أتاحت التوصل إلى طريقة التأريخ المعروفة باسم طريقة الكربون 14، حيث يقيس العلماء أعمار الأشياء القديمة بقياس نسبة الكربون 14 فيها إلى نسبة الكربون 12.

هذا النوع من الإشعاع الذي يحرِّر إليكتروناً واحداً يصنف على أنه من نوع بيتا β (وهناك نوعان آخران من الإشعاع هما ألفا α وغاما γ لن نذكرهما ها هنا). في المسار «بيتا» الذي نحن

بصدده، نقف أمام مشكل عويص، فمجموع الطاقة المتولدة عن تفتت نواة الكربون 14 هو 150 كيلو إليكترون/فولت، غير أن الإليكترون المحرَّر لا يحمل دائماً هذا المقدار من الطاقة، إذ يحمل معه تارة 10 كيلو إليكترون/فولت فقط، وتارة أخرى يحمل معه مجموع الطاقة المتوافرة، أي 150 كيلو إليكترون/فولت. والسؤال الذي يُطرح ها هنا يتعلق بالفرق بين الطاقتين أين يذهب، إذ لا يظهر له أثر حين لا يحمل الإليكترون الطاقة المتولدة كلها، علماً بأن القاعدة الذهبية في علم الفيزياء تفيد بأن الطاقة لا تضيع أثناء حدوث الظواهر الفيزيائية بل تبقى على حالها. ولحل هذا الإشكال تقدم باولي Pauli في 1930 بفرضيةِ وجود مكوِّن آخر يتحرر مع الإليكترون في آن واحد، فيحمل معه جانباً من الطاقة المتوافرة قد يزيد أو ينقص. هذا المكون هو الذي أطلقوا عليه اسم **نيوترينو** neutrino (كلمة

إيطالية معناها «المحايد الصغير»)، وقد ذكرناه في حديثنا آنفاً، وهو مكون ذو خواص محدَّدة، أهمها أنه يكاد يكون غير مرئي، وأنه يستطيع أن يقطع الأرض من أقصاها إلى أقصاها دون أن يوقفه شيء. وعلماء الفيزياء يشيرون إليه بحرف ν اليوناني. وبذلك فإن معادلة التفتت التي كتبناها آنفاً تصبح على الشكل التالي:



$$C14 \rightarrow N14 + e + -\nu$$

والإليكترون والنيوترينو يجمعهما اسم ليبتون lepton، المشتق من لفظة يونانية معناها «الخفيف»، وهو ما يعد تسمية معقولة قياساً إلى البروتون والنيوترون اللذين يزنان أضعاف وزن الأولَيْن.

عائلة ككل العائلات

لنلخِّصْ ما تعلَّمناه حتى الآن. كل الأجسام المادية، من حبة الجلبان إلى النجوم في السماء، تتكون من تركيبة من البروتونات والنيوترونات تزيد أو تنقص تعقيداً، تحيط بها إليكترونات تسبح حولها كما تسبح الكواكب في مسيراتها حول الشمس. بذلك لا تختلف العناصر الطبيعية عن بعضها سوى بعدد البروتونات والنيوترونات التي تحتوي عليها نواة كل منها. وأبسط الذرات جميعاً، ذرة الهيدروجين، تحتوي على بروتون واحد، فيما يبلغ عدد مكونات النواة في اليورنيوم 244 مكوناً، منها 94 بروتوناً و150 نيوتروناً.

أما في ما تعلق بالمكونات، أي اللبنات الأولية في المادة، فقد رأينا أن علماء الفيزياء يرون في مكونات النواة، أي البروتونات والنيوترونات، تجمُّعاً من

نوعين من الكوارك صاعدٍ ونازل. فإذا أضفنا الإليكترون الذي يسبح في الفضاء حول النواة، والنيوترينو الذي لا مناص منه لفهم المبادلات التي تحصل بين تلك العناصر جميعاً، نكون قد أحطنا بمجموع الكائنات الفيزيائية التي تكوِّن ما يطلق عليه اسم العائلة الأولى من المكونات الأولية، وهي التالية:

u d e ν

(ونلاحظ بهذا الصدد أن الإليكترون والنيوترينو يُعَدان من المكونات الأولية بحكم أنهما يتمتعان بوجود خاص).

إن ثلاثة أرباع مادة الكون المعروفة حتى اليوم تتكون من بروتونات إما حرة طليقة وإما على شكل ذرات هيدروجين. أما العنصر الثاني المتوافر بكثرة، ويمثل حوالي ربع المادة، فهو الهلْيوم، الذي يحتوي على بروتونين اثنين ونيوترونين اثنين، ويُرمَز إليه

بحرف ألفا α اليوناني، فيقال «المكون α» (وهو الذي يتحرَّر حين يقع التفتُّت المعروف بالاسم نفسه). أما العناصر الأخرى الأثقل فلا توجد إلا بكميات ضئيلة نسبياً.

تبدو اللوحة بسيطة كأشد ما تكون البساطة، على أنه لا مناص من تعقيدها بعض الشيء بإضافة مفهوم « المادة المضادة» antimatière، الذي تتميز مكوناته بشحنات كهربية مضادة لتلك التي تحملها مقابلاتها في المادة. هكذا فإن كل ليبتون له ليبتون مضاد يقابله، وكل كوارك له كوارك مضاد يقابله.

والمادة المضادة ليس شطحةً من شطحات الخيال العلمي، بل هي موجودة بالفعل، وعلماء الفيزياء يتعاملون معها يومياً في مختبراتهم. وقد بدأت المسألة بأن تنبأَت النظريةُ بوجود مُضاد الإليكترون، أي البوزيترون، قبل أن يجري اكتشافه بالفعل في الأشعة الكونية عام 1932، ثم حل الدور

على مضاد البروتون الذي تم اكتشافه علم 1955 في مسرِّعٍ صُمِّمَ خصيصاً لهذا الغرض. والمكوِّن ومضادُه نظيران لبعضهما لا يختلفان سوى في كون شحنتيهما الكهربيتين متضادتين، علاوة على بعض الشحنات الأخرى التي تكون قيمتها في المكون نقيض قيمتها في المضادّ. ومن ذلك مثلاً أن نقيض النيوترينو الذي لا شحنة له يتميز عنه بخصائص هي نقيض خصائصه. فحين يتفاعل النيوترينو مع محيطه (وهو ما يحدث، وإن كان ذلك نادرا) فإنه قد ينتج عنه إليكترون، أما مضاد النيوترينو فإنه في الظروف ذاتها سوف يعطينا «**بوزيترون**» أي مضاداً إليكترون.

وقد كان يُعتقد أن مضاد المادة لا يوجد إلا على شكل مكونات ابتدائية، حتى توصّل العلماء مؤخراً إلى تركيبِ أولِ مضادٍّ للذرة، وكان على شكل مضاد للهيدروجين، وهو صورة منعكسة

عن ذرة الهيدروجين، تتكون من نواة فيها مضاد بروتون يدور حوله بوزيترون. لكن كل ما استطاعه العلم حتى اليوم هو اصطناع مضاد لأبسط ذرة في الكون، أي ذرة الهيدروجين، ولذلك فإن حبَّتَنا «ليلى» لن ترى في غدٍ قريبٍ مضاداً لها، أي جلبان مضادّ تراه رأي العين.

أما المشكلة الرئيسة في دراسة المادة المضادة فتتمثل في قصر عمرها، لا بسبب التفتت (فمضاد البروتون «خالد» خلود البروتون نفسه، ومضاد الهيدروجين ليس أقل استقراراً من الهيدروجين ذاته)، بل لأننا نعيش في عالم من المادة، مما يستحيل معه على مكونات المادة المضادة ألا تلتقي بنظائرها المضادة لها، علماً بأن الاثنتين متى التقتا أفنت كل منهما الأخرى. فالمكون ومضاده متى التقيا يختفيان حالاً لتنتج عن فنائهما طاقةٌ على شكل فوتونات على سبيل المثال. لذلك يحتفظون

بالنماذج القليلة التي توصلوا إلى اصطناعها من مضاد الهيدروجين، وذلك في أنابيب مفرغة تماماً من الهواء كي يستطيعوا دراسة خواصّها على مهل.

يمكن لتاريخ مكونات الذرة أن يتوقف عند هذه النقطة. فالمكونات الابتدائية الأربعة التي ذكرناها آنفاً كافية لشرح آليات التفاعل في النجوم وبنية الأشياء الموجودة على الأرض جميعاً، بما فيها الجسم البشري. بيْد أن التقدم في البحث العلمي ما لبث أن أفضى إلى اكتشاف مكونات أخرى جديدة. لماذا يا ترى لم يكن باستطاعة الطبيعة الاكتفاء بهذه البساطة النسبية حتى زادت الأمر تعقيداً؟ لم يأت علم الفيزياء حتى اليوم بجواب عن هذا السؤال، لكن العلم قلَّما اهتمَّ بالجواب عن «لماذا؟»، بل قُصارى همه أن يجيب عن «كيف؟».

زائر مزعج

أول مكون لا ينتمي إلى العائلة المذكورة مكوِّنٌ مألوف عندنا بحكم أن كل متر مربع من الأرض التي نعيش عليها يتلقى منه نحو مائة في كل ثانية. حتى «ليلى» تحس بوجود هذا الكائن، إذ تشعر عدة مرات في كل ساعة بأن شيئاً ما يخترق جسمها من أقصاه إلى أقصاه؛ ولا غرابة، فهي مثل كلِّ كائنٍ على وجه الأرض تتعرض لما يعرف باسم (**الإشعاع الكوني**)، المتمثل في مطرٍ من المكونات يأتينا من الكون الفسيح المحيط بنا. والطاقة التي تحملها هذه المكونات ليست مما يستهان به، إذ قد تبلغ ما مقداره مليار إليكترون/فولت. ولا تجد «ليلى» في هذا الكائن إليكترونات ولا بروتونات ولا نيوترونات مما تعرفه حبَّتُنا حقَّ المعرفة بحكم أن جسمها يتكون منها.

هذا المكون الجديد بسيط غير قابل للقسمة، مثله في ذلك مثل الإليكترون، وهو مثله يحمل شحنة كهربية سالبة، فلا يختلف عنه إلا في كون كتلته أثقل مرتين، بحيث يصح القول إنه منه بمثابة الأخ الأكبر. وعلماء الفيزياء يسمونه **ميون** muon ويرمزون إليه بحرف μ اليوناني. وهو من صنف الليبتون، يصنفونه كذلك ليس لأن كتلته ضعيفة بل لأنه يستجيب للقوى ذاتها التي يستجيب لها الإليكترون.

لكن هذا المكون، بحكم كتلته المرتفعة نسبةً إلى كتلة الإليكترون، لا يتفاعل مع المادة إلا قليلاً، مما يتيح له أن يخترق لا جسم «ليلى» الصغير الهش فحسب، بل جداراً من الحديد سمكه متر كامل دون أن يوقفه في طريقه شيء. إن المادة بالنسبة إلى الميون تبدو وكأنها شفافة هلامية لا جسم لها.

والآن وقد عرفنا الميون بقي لنا أن نعلم أنه

يطرح مشكلة عويصة تتمثل في أننا لا نعرف لماذا يصلح. لقد اكتشف العلماء وجوده منذ 1947، وخصوصاً عبر تتبُّع آثاره التي تركها على لوحات تصوير حساسة جرى نصبها فوق الجبال، ففرض نفسه عليهم بصفته العضو الأول في عائلة ثانية من المكونات، حتى إنَّ أحد العلماء لم يتمالك نفسه فهتف متسائلاً: «من الذي أرسل في طلب هذا؟» ذلك أنه بدا غيرَ ضروريٍّ لبناء المادة. لكن، ورغم ذلك بقي العلماء يطلقون تجاوزاً اسمَ «مكونات المادة» على الميون وأشباهه من الكائنات التي ستظهر تباعاً.

وللميون خاصيات في غاية التميز، منها على الخصوص أنه ليس خالداً، إذ يتفتت سريعاً في مدة لا تتجاوز جزءين اثنين من مليون جزء من الثانية. ونحن قد عرفنا آنفاً في الكربون 14 نموذجاً للعناصر التي تتفتت تلقائياً، إلا أن الأمر لا يتعلق ها هنا

بذرات كاملة بل بمجرد مكوِّن من المكونات. بيد أن الميون لما كان يسري بسرعة الضوء فإنه يستطيع في مدة حياته القصيرة أن يقطع بضع مئات من الأمتار قبل أن يختفي من الوجود. هذا يعني أن الميونات التي تصلنا لا تأتي من مكان بعيد، وذلك ما يقع فعلاً إذ تتولَّد تلك الميونات في طبقات الغلاف الجوي القريبة من رؤوسنا، تولِّدها مكونات أخرى. هذه الأخيرة تأتينا من أمكنة بعيدة، وهي ليست سوى بروتونات من مثل ما هو موجود داخل نَوَى ذرات جسم «ليلى».

هذه البروتونات تكوِّن الإشعاع الكوني المدعو أولياً، لكنها على عكس الميونات لا تستطيع اختراق الغلاف الجوي، فما أن تبلغ الطبقات العليا من الغلاف الجوي، على ارتفاع 20 إلى 30 كيلومتراً عن سطح الأرض، حتى تشرع في التفاعل مع ذرات الهواء فينتج عن ذلك التفاعل عدد كبير من المكونات

الثانوية، من بينها الميونات التي تبلغ الأرض. وإذا كنا لا نزال نجهل أصل هذا الإشعاع فإننا نعلم يقيناً أنه يأتينا من خارج المنظومة الشمسية. وبعض تلك البروتونات يحمل كميات هائلة من الطاقة قد تخرج عن نطاق الطاقات المجهرية لتبلغ ما تحمله منها كرةُ تنس يرميها لاعب جيّد الرمي. بيد أن مثل هذا النوع الخطير من الأشعة نادر غاية الندرة، إذ لا يتجاوز احتمال وقوع واحد منها على الكيلومتر المربع الواحد من الأرض واحداً في القرن!

«ليلى» في جنيف

هذا المكون، الذي يبدو مبدئياً غير ضروري لبناء المادة، أثار فضول «ليلى» التي بدأت تتساءل عما يخفيه هذا العالم العجيب، عالم الأشياء متناهية الصغر.فقررت أن ترحل إلى جنيف لزيارة المركز الأوربي للبحوث النووية CERN، حيث يستعمل العلماء منذ خمسين سنة أقوى ما لدى الإنسانية من «مجاهر»، يسلطونها على المادة لجعلها تبوح بما يدخل في تركيبتها من عناصر. ذلك أن مركز البحوث هذا يوجد به أكبر وأقوى مسرّع للجُزَيئات على الإطلاق.

يستعمل العلماء في المسرع حقلاً مغناطيسياً قوياً يستطيعون بواسطته أن يجعلوا بروتونات أو إليكترونات تسري بسرعة تقارب سرعة الضوء داخل أنبوبة دائرية. والمكوِّنات، إذ تمضي في

مسارها الدائري فتقطعه ملايين المرات، يجري الارتفاع بها إلى مستويات من الطاقة تزداد ارتفاعاً باطراد، بفعل حقولٍ كهربية يتم تسليطها عليها. ومن الواضح أن بلوغ مستويات مرتفعة جداً من الطاقة يتطلب بناء مسرِّعات ضخمة الحجم هائلة، منها مسرِّع يبلغ محيطه سبعة وعشرين كيلومتراً، أتاح بلوغ ألف مليار إليكترون/فولت باستعمال الإليكترونات. أما البروتونات التي يسهل تسريعها قياساً إلى الإليكترونات، فقد استطاع العلماء أن يبلغوا بها طاقة مقدارها مائة ألف مليار إليكترون/فولت.

لا تبالي «ليلى» بجسدها تبذله في سبيل معرفة تركيبة جسمها، لذلك ارتضت أن تضطجع، كما يضطجع المرء لأخذ صورة بالراديو، معرِّضةً جسدَها لسيلٍ من الأشعة يجعلها تهتز مرتجفةً كلما اخترقت جسدها حزمة من البروتونات. وكما رأينا

ذلك آنفاً مع حالة الغلاف الجوي، فإن البروتون متى كان على مستوى عالٍ من الطاقة وتفاعَلَ مع المادة يُنتج عدداً من المكونات الثانوية، نجد من بينها بروتونات ونيوترونات وإليكترونات وميونات، ولكن أيضاً كثيراً من المكونات التي لم نأتِ لها بعدُ على ذِكر، وبعضُها غريبٌ غاية الغرابة. وبفضل هذه التقنية شهدت الستينيات من القرن الماضي اتساعاً لحظيرة المكونات، حيث تم التعرف إلى بضع مئات منها، أطلقوا عليها أسماءً على شكل أحرف مثل π وρ وK وΛ وΣ وغيرها، واجتهد الفيزيائيون طويلاً منذ ذلك العهد في إيجاد وجهٍ من أوجه التناسق في خضمّ هذه الفوضى العظيمة.

كان من الواضح منذ البداية أن بعض المكونات لا يمكنها أن تكون بسيطة غيرَ قابلةٍ للتقسيم، وأن الطبيعة لا يمكنها إلا أن تكون أبسط من ذلك. فلما ابتُدِعت فكرةُ الكوارك صار المنظور أكثر

منطقية من ذي قبل، بحكم أن حفنة من هذه المكونات الجديدة تتيح بناء مجموع الوحوش ذات الخصائص المختلفة التي يلاحقها الفيزيائيون كما يلاحق الصياد طريدتَه. هكذا، وبالإضافة إلى نوعيْ الكوارك السالف ذكرهما، أي u و d، تَعيَّنَ إفساح المكان لوافد ثالث سمَّوه الكوارك s (الحرف الأول من كلمة strange الإنجليزية، بمعنى «غريب الأطوار»)، اكتشفوه لأول مرة في الأشعة الكونية. وقد أطلقوا عليه هذا الاسم لأن المكونات التي تتولَّد عنه تتصرف، ظاهرياً على الأقل، على عكس ما تكون عليه المكونات أثناء خروجها إلى الوجود وعند اختفائها. بعد ذلك جاء دور الكوارك c الذي اكتُشف في 1974، ثم الكوارك b في 1977، وأخيراً الكوارك t الذي انتظر حتى 1995 ليعلن عن نفسه. ولعل في الأسماء التي اشتقت منها هذه الأحرف (وهي بالتتابع charme بمعنى «فتنة»، و beauty

بمعنى «جمال»، و truth بمعنى «حقيقة»)، لعل فيها ما يدل أكثر من سابقاتها «الصاعد» و«النازل» على ما يُبدي عنه الفيزيائيون في عملهم من ميلٍ إلى السخرية والدعابة.

بموازاةٍ مع ذلك، وبعد الإليكترون والميون، اكتشف العلماء في 1975 ليبتوناً ثالثاً ذا شحنة كهربية سالبة، أعطوه بدوره اسماً هو حرف τ «طو» اليوناني، وهو مكوِّنٌ جاء هذه المرة متميزاً بكتلته الكبيرة نسبياً، إذ «يزن» ضعفي كتلة البروتون.

ثلاث عائلات قريبة النسب

يتضح لنا إذن أن العلبة التي كانت المسرِّعاتُ مفتاحَها، والتي كنا نحسبها ستفصح لنا عن الكثير من الأسرار، لا تحوي إلا عدداً محدوداً من المكونات الأولية، أي بعض الليبتونات وبعض الكوارك.

فأما الليبتونات فلا أسهل من حصرها عدّاً، إذ رأينا منها حتى الآن ثلاثة، كلها تحمل شحنات سالبة، ونعني الإليكترون والميون والثالث الذي يسمونه «طو». كما فهمنا أيضاً ضرورة إدخال النيوترونو في الحساب من أجل تفسير التفتت «بيطا» β. وقد تم بالفعل اكتشاف نوعين جديدين من النيوترينو، يرتبط أولهما بالميون ويرتبط الثاني بالمكون τ «طو». والحصيلة أن لدينا ستة أنواع من الليبتون، ثلاثة منها من صنف النيوترينو، يرتبط كل منها بليبتون حامل لشحنة كهربية. ولما كان كل

ليبتون مصحوباً بالضرورة بمضاده، فمعنى ذلك أن هناك ثلاثة أنواع من مضادات النيوترينو.

وأما الكوارك فعددها هي أيضاً ستة، وهو العدد الذي ينبغي مضاعفته لتوفير مكانٍ لمضاداتها جميعاً. وبفضلها نستطيع بناء كل المكونات باستثناء الليبتونات، وذلك حسب تركيبتين اثنتين:

إما عن طريق الجمع بين كوارك واحد ومضاد كوارك (وهذا يمكنه أن يكون أو لا يكون شبيه الأول)، من أجل تشكيل مجموعة **الميزون** (من اليونانية mesos بمعنى «الوسيط»)؛

وإما عن طريق الجمع بين ثلاثة من الكوارك من أجل الحصول على مجموعة **الباريون** (من اليونانية barus بمعنى «ثقيل») مثل البروتون والنيوترون. وكما تعطينا ثلاثة من الكوارك بهذه الطريقة مكوناً واحداً من صنف الباريون، فإن ثلاثة من مضادات الكوارك تعطينا مضاد باريون واحداً.

بدهي أن عدد التركيبات الممكنة انطلاقاً من ستة أنواع من الكوارك ومضاداتِها الستة كبيرٌ جداً، وهو بالذات ما يتيح تفسير وجود كل **المكونات الأولية** المعروفة حتى اليوم. هكذا مثلاً فإن الجمع بين ثلاثة من الكواركس من صنف s يفضي إلى التركيبة s s s، وهي تركيبة مُكوِّن ذي شحنة سالبة قدرها ‎−1، هو المكون المعروف باسم Ω «أوميغا»، والذي كان في تنبؤ النظرية به قبل اكتشافه ما أرسى نموذج الكوارك بصفة نهائية لا رجعة فيها. أما في ما تعلق بالميزون فيمكن تصورُ تركيبةٍ على شكل (u مع مضاد u)، وهو مكون غير حامل لشحنة كهربية، يعرف باسم «بي صفر» π 0، ويتميز بكونه مضاد نفسه، إذ إننا متى قلبنا تركيبته (مضاد u مع u) أفضينا إلى المكون ذاته.

بذلك نستطيع كتابة اللائحة الكاملة للمكونات الأولية (أي الأشياء التي لا تفصح عن بنية داخلية

للناظر إليها عبر مِفحاصٍ يكشف عن الجزء الواحد من مليار مليار جزء من المتر) على شكل ثلاثة أسطر تقابل ثلاث عائلات:

(u d e νe)

(c s μ νμ)

(t b τ ντ)

وكل واحدة من هذه العائلات تعيد التشكل بالطريقة ذاتها، إذ تحتوي كل منها على كوارك يحمل شحنة موجبة مقدارها +3/2 وكوارك ذي شحنة سالبة مقدارها –3/2 وليبتون ذي شحنة مقدارها –1، وأخيراً ليبتون ذو شحنة محايدة تساوي صفرا، هو نيوترينو العائلة.

وإذ علمنا أن هذه المكونات إنما أفصحت عن وجودها تباعاً مع تقدم أدوات البحث، حَقَّ لنا أن نتساءل عما إذا كان العلماء ينتظرون اكتشاف أصناف جديدة منها متى توافرت لهم مسرِّعات

أقوى من التي بأيديهم اليوم. والجواب عن هذا السؤال نفيٌ، واللائحة قد اكتملت فلم يعد ينقصها أي عنصر، وعدد العائلات ثلاث ليس أكثر. فإن سألتني كيف لهم أن يكونوا على يقين من ذلك أجبتك بأن العلماء اليوم يستطيعون أن يحصروا عدد أصناف النيوترينو الموجودة، وهم على يقين بأن هناك فقط ثلاثة أصناف منها في الكون كله. ولما كانت النظرية تقتضي تجميع المكونات في عائلات، ولما لم يكن هناك سوى ثلاثة أصناف من النيوترينو، فليس هناك يقيناً سوى ثلاث عائلات من المكونات لا أكثر، أي اثني عشر مكوناً في المجموع.

عائلةٌ مختلفةٌ اختلافاً كبيراً

بسطْنا إلى حدِّ الآن الحديثَ في أمر العائلات الثلاث؛ على أنَّ هناك نوعاً آخر من المكونات جرى الكلام عليه وإن لم نذكره بالاسم، مما يوجب علينا أن نبسط في شأنه القول بدوره.

سنتحدث هنا عن «**المكونات التفاعلية**»، لا عن مكونات المادة، التي تختلف عنها هذه اختلافاً كبيراً. فهذه المكونات لا تتجمَّع لتبني أشياء بل يجري تبادلها بين مكونات المادة حين تدخل هذه في تفاعل مع بعضها بعضاً. وهذه المكونات الجديدة تُعَدُّ من وجهة نظر أصول علم الفيزياء من صنف «**البوزون**»، على حين تعد المكونات المذكورة سالفاً من صنف «**الفرميون**». والفرق بين هذا وذاك مرتبط بقيمة رياضية تدعى «**سبين**»، يمكن تصوُّرُها على شكل ثابتة لولبية داخلية خاصة بكل

مكون، إذا نحن تصورنا المكون المعني على شكل خدروف يدور.

تحدثنا في السابق عن التفاعلات الكهربية بين الشحنات، ثم التفاعلات القوية التي تشد مكوناتِ الذرة بعضها إلى بعض، وحان لنا أن نتحدث في نوع ثالث من التفاعلات، هو ما يعرف باسم «**التفاعلات الضعيفة**»، وهي التي تقع على وجه الخصوص أثناء عمليات التفاعل التي تدخل فيها المكوِّنات من صنف النيوترينو. ولما كان التصور الحالي عن التفاعل يرى فيه تبادلاً، فإن صورة شخصين يمارسان لعبة الهوكي على الثلج تصلح لتمثيل ما يقع، إذ يتبادل الرجلان قوةً تحمِلُها الكرةُ التي يرمي بها أحدهما إلى الآخر. كذلك يمكن فهم القوى العاملة بين المكونات على أساس أنها أشياء يجري تبادلها بينها، علماً بأن كل قوة من تلك القُوى تتَّسِمُ برسالةٍ خاصة تحملها.

عند وقوع تفاعلٍ بين شحنات كهربية فإن ما يجري تبادُله بينها هو الفوتونات، رُسُل النور التي التقيناها سابقاً في ظروف أخرى. والفوتونات أشياء طبيعية لا كتلة لها، يرمزون إليها بالحرف اليوناني γ (يوتا). أما التفاعلات القوية فتجري بواسطة **الغلوون** gluon أو «اللاصق»، الذي يقوم، كما يدل عليه اسمه، بشد المكونات من صنف الكوارك إلى بعضها بعضاً داخل المكونات الأولية، وهو مسؤول بشكل غير مباشر عن التجاذب القوي بين مكونات النواة داخل هذه الأخيرة. وهناك ثمانية أصناف من الغلوون، كلها منعدمة الكتلة، ويرمزون إليها بالحرف g. وهي تستجيب للقوى القوية، وذلك ما يجعلها، مثل الكوارك، تبقى حبيسة المكون فلا تستطيع الانفلات منه. وأما التفاعلات الضعيفة فتحدث بواسطة تبادل مكونات ذات كتلة كبيرة (حوالي مائة ضعف كتلة البروتون)، هي المكونات

من صنف W التي تحمل شحنة كهربية، والمكونات من صنف Z التي لا شحنة لها.

يتضح من هذا أن تاريخ علم الفيزياء قد قطع شوطاً بعيداً منذ أيام اكتشاف الإليكترون في أنابيب القرن التاسع عشر، وقد أسلمت المكوناتُ كلها أسرارَها في ما يبدو، اللهم إلا مكون واحد لا غنى عنه من أجل اكتمال الصورة، هو الذي سيكون موضوع البحث في المسرِّع الذي يجري بناؤه حالياً في مختبرات المركز الأوربي للبحوث النووية، والذي من المنتظر أن يتيح الحصول على مستويات غير مسبوقة من الطاقة. والمكون المعني هو المعروف باسم **«بوزون هيجس»** Higgs de boson، ويبدو أنه سيساعد في حل لغز التفاوت الكبير في كتل المكونات. ذلك أن النظرية الحالية إذا كانت تفسر بالتفصيل سلوك المكونات، فإنها تفعل ذلك على اعتبار أن تلك المكونات منعدمة الكتلة، والحال

أن لها في الواقع كتلة. ومكون هيجس هذا هو الذي يُنتظر منه أن يتيح إدخال كتلة المكونات في النظرية بطريقة منسجمة. ويبدو أن اكتشافه المنتظر سيمثل آخر حلقة في رحلة البحث عن مكونات الذرة الأولية. ومن المنتظر أن يتم هذا الاكتشاف باستعمال مستويات من الطاقة تتراوح بين 100 و200 مليار إليكترون/فولت، والعمل جارٍ في بناء آليات ضخمة لاصطياده داخل المسرِّع قيد الإنشاء.

ها هو علم الكونيات

لعل أكبر انتصار سجله علم الفيزياء الجزيئية على مرِّ تاريخه هو توصُّله إلى تفسير ميلاد الكون في خطوطه العريضة. ذلك أن ما هو متناهي الصغر وما هو متناهي الكبر يلتقيان معاً في هذا المجال، وليس هناك أفضل من الانفجار العظيم مختبَراً لدراسة المكوِّنات وتفاعلاتها. والمعلوم أن انفجاراً عظيماً قد هزَّ في البدء ما يشبه خليطاً كالحساء كان يتألف من مكونات متفاعلة في ما بينها، وذلك على مستوى من الطاقة لن يكون له نظير أبداً. وقد توصل العلماء حتى اليوم إلى إعادة رسم اللحظات الأولى من الانفجار بدقة لا بأس بها بواسطة الحواسيب وباستعمال برامج تمثيلية تضع في حسبانها كل المعطيات التي أتاحت المسرِّعات الحصول عليها.

ما هي يا تُرى الدلائل الملموسة على صحة هذه

النظرية؟ هناك الكثير من الملاحظات التي تبرر هذا المنظور عن أصل الكون المحيط بنا، أولُها حركةُ الاتساع التي صار العلماء اليوم يعرفون مقدارها، ثم وفرة العناصر الموجودة في الطبيعة، في توافُقٍ تامٍّ مع ما أفضت إليه العمليات الرياضية المنجَزة انطلاقاً من القوانين الأساس أو ما يصح أن نسميه نواميس الكون، وأخيراً وجود هذه الخلفية من الفوتونات الكونية التي تسبح فيها المجرّات جميعاً، والتي يعرفونها باسم micro - onde أي «الموجة المصغّرة»، وهي تملأ الكون كله بمعدل كثافة يبلغ أربعة فوتونات في كل سنتيمتر مكعب. هذه الفوتونات عبارة عن ذكرى بقيت لنا من الانفجار العظيم، ما مِنّا كائنٌ إلا فيه منها نَصيبٌ، ولو كان باستطاعة ليلى أن تشعر لهذا الإشعاع اللطيف بوخزٍ لاستشعرَتْ منه حوالي خمسة في جسمها الصغير. هذه الفوتونات تعطي صورة عن الكون كما كان بعد الانفجار

العظيم بثلاثمائة ألف سنة، وهي صورة تاريخية بمقياس عمر الكون الذي نعلم أنه يقارب اليوم أربعة عشر ملياراً من السنين. ونلاحظ بهذا الصدد أن الإشعاع الكوني الذي أتينا على ذكره سابقاً ليس من مخلفات الانفجار العظيم بل هو في الغالب ينشأ داخل النجوم في أواخر حياتها.

لكن هناك صورة أخرى أقدم من هذه الصورة، تطالعنا في الفضاء المحيط بنا، وأعني تلك التي نجدها في المكونات من صنف النيوترينو الكوني، والتي تحفظ لنا صورة الكون كما كان بعد الانفجار العظيم بما لا يجاوز الثانية الواحدة. ذلك أن هذه المكونات هي أيضاً من «مخلّفات» الانفجار العظيم، وهي كسابقتها تملأ الكون لكن بكثافةٍ أكبر بكثير، تبلغ ثلاثمائة وحدة في السنتيمتر المكعب الواحد، بحكم أن كل نيوترينو (νe و $\nu\mu$ و$\nu\tau$) ممثَّل أيضاً وكذلك مضادُّه. على هذا الأساس فإن

جسم «ليلى» يشتمل في كل لحظة على أربعة من هذا النيوترينو تسبح في داخله. هذا الرقم يبدو بطبيعة الحال صغيراً بالقياس إلى آلاف المليارات من مليارات الذرات التي تكوِّن جسم «ليلى»، لكن هذا النوع من النيوترينو منتشر في الكون كله بالكثافة التي ذكرناها، أي ثلاثمائة وحدة في السنتيمتر المربع الواحد، والنتيجة أن مجموع كميتها يفوق بثلاثة مليارات مرة مجموع المادة الموجودة في الكون جميعا!

إذا كان الفوتون عديم الكتلة فليس كذلك حال النيوترينو. فقد بيّنت النتائج المحصل عليها مؤخراً أن النيوترينو «ذو وزن» وإن يكنْ وزناً خفيفاً، وأن كتلتها جميعاً، بالنظر إلى عددها الهائل، تكاد توازي كتلة المادة المرئية في الكون كله. وهي بذلك تمثل كتلة غير مرئية من الكون، وتسْهم بنصيب ضئيل في «الكتلة الخفية» التي سنأتي على ذكرها

قريباً. لكن، ولسوء حظ العلماء التجريبيين، فإن طاقة النيوترينو ضعيفة إلى درجة استحالَ معها تصوُّرُ طريقةٍ لإثبات وجوده مخبرياً، وسيبقى هذا الوجود نظرياً لزمن طويل قادم.

إذا نحن نظرنا للكون في مجمله فسنجد أن المادة المضادة يطرح مشكلاً أساساً، نظراً إلى أن المادة ومضادها كانا عند حدوث الانفجار العظيم يوجدان بكميات متساوية، وهو أمر لا يزال حتى اليوم صحيحاً بخصوص النيوترينو، لكنه غير صحيح في شأن البروتون ولا النيوترون ولا الإليكترون، ولا توجد في الكون مجرات من المادة المضادة. والسيناريو الذي يعتمدونه حتى اليوم لشرح انعدام التماثل هذا يتصور أن المكونات ومضاداتها قد أفنى بعضها بعضاً بسرعة كبيرة بعد الانفجار، بحيث لم يتبقَّ من أثر ذلك سوى كمية صغيرة من المادة هي ما نراه في الكون اليوم. بيد

أن هذا الانتقال الذي لم يُبقِ إلا على المادة وحدها على مسرح الكون الشاسع لا يزال حتى اليوم غير مفهوم، وهو يقتضي تحقيق عدة شروط من ضمنها وجود العائلات الثلاث التي أتينا على ذكرها آنفاً. قد يكون وراء عملية تناسخ المكونات بعضها من بعض، على هذا الشكل الذي قد يبدو لنا غيرَ ذي هدف ولا غاية، حكمةٌ خفية لم ندرك لها بعدُ كُنهاً.

نهاية مباراة أم تمديد في وقت اللعب؟

اشرح لي كُنْهَ حبةِ جلبانٍ صغيرة أشرحْ لك كنه العالم؛ فليس هناك مكون من مكونات العالم ليس في ليلى منه، ولو نظرياً، شبيه ونظير.

تتيح لنا الدراساتُ الحالية تكوينَ فكرةٍ في منتهى الدقة عن الشكل الذي عليه الأشياء متناهيةُ الصِّغَر. هل بلغ البحثُ في هذا الشِّعب العميق من شعاب المعرفة منتهاه؟ في الجهة المقابلة يبدو أن الأبحاث التي تتناول الأشياء متناهية الكبر قد بلغت هي أيضاً حدودها القصوى...

لكن النتائج التي أفضت إليها الأبحاث مؤخراً في مجال الفيزياء الفضائية وعلم الكونيات، وخصوصاً منها ما تعلق بِتَتَبُّعِ الأجسام الفضائية في المجرات، تُبيِّن أن المادة التي يجري الحديث عنها ها هنا، والتي تتكون منها كل البنيات المرئية، أي كل

المجرات والنجوم والكواكب وما فيها وما عليها، لا تمثل أكثر من نصف الواحد من المائة من المادة التي تملأ الكون. فأين هي يا تُرى مادة الكون؟

لقد جرى اكتشاف مكوّن جديد غامض على مستوى المجرات، لكنه لا يعمل إلا بقوة الجاذبية وحدها، وهي كما نعلم قوة ضئيلة لا يُقام لها وزنٌ أمام القوى الأخرى التي تعمل بين مكونات الذرة. وما تخبرنا به النظرياتُ الحديثة أن هذه «**الكتلة الخفية**» أو «**المادة السوداء**» تحملها في ما يبدو مكوناتٌ من نوعٍ جديد أطلقوا عليها اسم «المكونات فائقة التماثل»، تملأ الفضاء من حولنا كما الفوتونات والنيوترينو الكوني، لكنها لا تتفاعل مع عالمنا الذي نعرفه. هذه المكونات وليدة نظرية **التماثل الفائق** supersymétrie، التي تجمع بين مكونات المادة، من ليبتون وكوارك، وبين المكونات الأخرى التي تعمل رُسُلاً للقُوى، غير أن هذا كله لم يتجاوز حتى اليوم

مستوى النظرية البحتة. والعلماء لا يزالون يبحثون عن مكونات جديدة في قلب المسرِّعات التي تنتج طاقة من المفروض فيها أن تكشف عن وجودها، وكذلك في المناجم ودهاليز الأرض التي لا تبلغها الأشعة الكونية، والتي يأملون أن يجدوا فيها آثاراً لمرور تلك المكونات.

إن المختبر الشاسع الفسيح الذي يمثله الكون لم يبُح لنا بعد بكل أسراره، والكتلة الخفية أحد ألغازه الكبرى، ومعنى هذا أن البحث في الشعاب البعيدة من المعرفة لم يبلغ بعد منتهاه.

ويوم يتم إثبات وجود هذه المكونات فائقة التماثل مخبرياً، لن يكون ذلك إيذاناً بفتح فصل جديد من فصول البحث والتساؤل فحسب، بل إن هذا الاكتشاف سيذهب إلى أبعد من ذلك، مرتفعاً إلى مستوى الثورة الكوبرنيكية الجديدة التي تُحوِّل مركز الكون مرة أخرى من مكانه، وتُحوِّل

معه مكانَ الإنسان من الكون. أجل لا جدال في أن الإنسان قد أدرك منذ زمن طويل أنه ليس مركز الوجود، غير أن من شأن مثل هذا الاكتشاف أن يؤكد له ما تعلن عنه الفيزياء الفضائية اليوم، من أن المادة التي تكوِّن جسمه وكيانه وتكوِّن كل ما يراه من حوله ليست سوى جزء بسيط جداً من رأسمال الاقتصاد الكوني!

لا تفتأ مكانة الإنسان في الكون تتقلص يوماً عن يوم من أثر الاكتشافات الحديثة، ولعمري إنه درس في التواضع ليس كمثله درس! غير أن الإنسان، من المكان الصغير الذي يراقب منه الوجود (صورة فتحة المغارة المظلمة)، يستطيع أن يحل، وإن بطريقة غير مباشرة أحياناً (صورة المرآة)، الكثيرَ من ألغاز الكون الفسيح الرائع الذي يحيط به.

ملخص

حين ترى أعيننا شيئاً ما فمعناه أن الضوء يسقط على ذلك الشيء ثم ينعكس فيقع على العين التي ترى. معنى ذلك أن الضوء يعمل ناقلاً للمعلومات بين الشيء المرئي والعين التي تراه. هذه هي القاعدة البسيطة التي ينطلق منها فرنسوا فانوتشي ليغوص بنا في أعماق الذرة ثم النواة فمكوناتها، فمكونات هذه الأخيرة بدورها متى أمكن تقسيمها إلى مكونات. هكذا نكتشف أن الأشياء التي نراها إنما يمكننا ذلك حين يسقط على الشيء المنظور ضوءٌ يجعل ذراته تهتز. ولكي يتحقق هذا ينبغي أن يكون طول موجة الضوء مناسباً لطول الموجة الخاصة بالشيء المنظور. وتتناسب أطوال الموجات مع حجم الشيء المراد النظر إليه تناسباً عكسياً، مما يعني أننا كلما حصلنا على ضوء بموجات أطول أمكننا

أن نرى أشياء أصغر. هكذا انطلق الإنسان في رحلة استكشاف ذهبت به إلى حد رؤية الجزء الواحد من مليار مليار جزء من المتر، أو مليون مليار جزء من المليمتر، ولا شك في أن المغامرة لم تنته بعد.

والحق أن هذه المغامرة بدأت منذ زمن بعيد، يوم أفتى العلماء الأوائل من إغريق وعرب وغيرهم بأن الأجسام جميعها تتكون من حُبيبات أولية سموها atomos أو الذرة، بمعنى الجزء غير متناهي الصغر وغيرِ القابل للقسمة. ثم دار الزمن وتقدمت وسائل الفحص والاستكشاف فاتضح أن الذرة قابلة للقسمة، وأنها تتكون من عناصر فيها القابل بدوره للقسمة وغير القابل، ومضى العلماء يكشفون عن تلك المكونات تباعاً، وغالبُها يتم اكتشافه رياضياً، أي نظرياً، قبل أن تثبت التجربة وجوده. بيد أن بعضها ظهر إلى الوجود رغم أن النظرية الرياضية لا تتنبأ به، مما يطرح المزيد من الأسئلة حول حقيقة

المادة التي تتكون منها الأجسام المختلفة من حولنا، بما فيها الأجسام الحية كجسم حبة الجلبان أو جسم الإنسان.

إنها رحلة ممتعة تنطلق من مجرد حبة جلبان فلا تنتهي إلا عند الحدود القصوى التي بلغتها المعرفة البشرية اليوم في مجال استكشاف العوالم المصغرة.

إنه كتاب مفيد مختصَر سيجد فيه القارئ غير المختص جواباً على الكثير من تساؤلاته في هذا المجال.

نبذة عن المؤلف

يعمل فرنسوا فانوتشي أستاذاً للفيزياء في جامعة باريس-دونيس ديدرو. وهو باحث في علم فيزياء الجزيئات والجزيئات الفضائية، ومتخصص في مجال النيوترينو. وقد صدرت له مقالات وأبحاث عدة في مجالات علوم الكون والفضاء والنسبية وجزيئات الذرة ومختلف فروع الفيزياء. كما صدرت له كتب عدة في مجال اختصاصه، نذكر منها كتابنا هذا وكتاب «هل الإنسان في مركز الكون؟» وكذا كتاب «ما النسبية؟».

نبذة عن المترجم:

عبد الهادي الإدريسي من مواليد 1957 وهو أستاذ للترجمة بالمدرسة العليا للأساتذة بتطوان، وعضو سابق في اللجنة المغربية الفرنسية المشتركة للتبريز في اللغة الفرنسية. وقد صدرت له مقالات وترجمات في مختلف فروع المعرفة باللغتين العربية والفرنسية. حائز جائزة ابن خلدون - سنغور للترجمة (أبوظبي، 2008) عن ترجمة مشتركة لكتاب «العقل السياسي العربي» للمفكر المغربي محمد عابد الجابري. وهو يشتغل إلى اليوم في إطار مركز البحث العلمي CERCOS في تطوان، حيث يعمل الفريق على ترجمة أعمال الجابري إلى جانب أعمال أخرى.



كم من جُزَيْء في حبة جلبان؟

حين ترى أعيننا شيئاً ما فمعناه أن الضوء يسقط على ذلك الشيء ثم ينعكس فيقع على العين التي ترى. معنى ذلك أن الضوء يعمل ناقلاً للمعلومات بين الشيء المرئي والعين التي تراه. هذه هي القاعدة البسيطة التي ينطلق منها فرنسوا فانوتشي ليغوص بنا في أعماق الذرة ثم النواة ومكوناتها. فمكونات هذه الأخيرة بدورها متى أمكن تقسيمها إلى مكونات. هكذا نكتشف أن الأشياء التي نراها إنما يمكننا ذلك حين يسقط على الشيء المنظور ضوءٌ يجعل ذراته تهتز.

إنها رحلة ممتعة تنطلق من مجرد حبة جلبان فلا تنتهي إلا عند الحدود القصوى التي بلغتها المعرفة البشرية اليوم في مجال استكشاف العوالم المصغرة.

إنه كتاب مفيد مختصَر سيجد فيه القارئ غير المختص جواباً عن الكثير من تساؤلاته في هذا المجال.

كلمة
KALIMA

هيئة أبوظبي للسياحة والثقافة
ABU DHABI TOURISM & CULTURE AUTHORITY

